

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-246368

(43)Date of publication of application : 30.08.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065  
C23C 16/509  
H01L 21/205  
// H05H 1/46

(21)Application number : 2001-036622

(71)Applicant : ANELVA CORP

(22)Date of filing : 14.02.2001

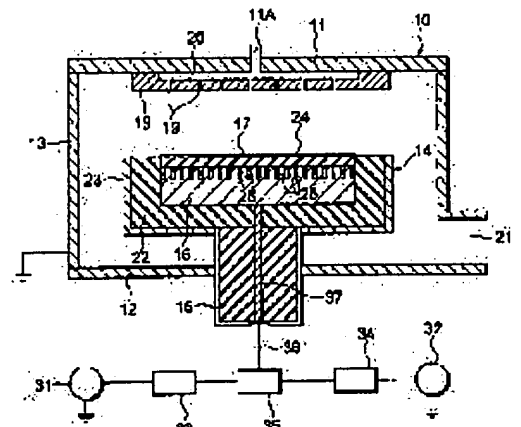
(72)Inventor : SNIL WIKURAMANAYAKA

(54) SYSTEM FOR PROCESSING A WAFER USING RADIALY UNIFORM PLASMA OVER WAFER SURFACE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wafer processing system for making a radial uniform plasma over the whole surface of a substrate or an rf electrode having a large area.

SOLUTION: The plasma is produced by a capacitively coupled mechanism. The system has a reactor, an rf electrode, a dielectric plate, and first and second rf current sources. The reactor is provided with a wafer holder. The rf electrode is integrated into the wafer holder and has a capacitance and/or inductance control section on a surface thereof. This section sets the capacitance between the rf electrode and the plasma and/or the inductance from an edge to a center of the rf electrode. The dielectric plate is fixed to the upper surface of the rf electrode. The wafer is placed on the dielectric plate. The first rf current source supplies an rf current, operating at a first frequency to the rf electrode. The second rf current source supplies an rf current, operating at a second frequency to the rf electrode. Both plasmas produced by the rf current, operating at the first frequency and the rf current operating at the second frequency are combined so as to make the plasma radially uniform over the whole area of the wafer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

PAT-NO: JP02002246368A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002246368 A

TITLE: SYSTEM FOR PROCESSING A WAFER USING RADIALLY UNIFORM  
PLASMA OVER WAFER SURFACE

PUBN-DATE: August 30, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SNIL, WIKURAMANAYAKA	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ANELVA CORP	N/A

APPL-NO: JP2001036622

APPL-DATE: February 14, 2001

INT-CL (IPC): H01L021/3065, C23C016/509 , H01L021/205 , H05H001/46

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wafer processing system for making a radial uniform plasma over the whole surface of a substrate or an rf electrode having a large area.

SOLUTION: The plasma is produced by a capacitively coupled mechanism. The system has a reactor, an rf electrode, a dielectric plate, and first and second rf current sources. The reactor is provided with a wafer holder. The rf electrode is integrated into the wafer holder and has a capacitance and/or inductance control section on a surface thereof. This section sets the capacitance between the rf electrode and the plasma and/or the inductance from an edge to a center of the rf electrode. The dielectric plate is fixed to the upper surface of the rf electrode. The wafer is placed on the dielectric plate. The first rf current source supplies an rf current, operating at a first frequency to the rf electrode. The second rf current source supplies an rf current, operating at a second frequency to the rf electrode. Both plasmas produced by the rf current, operating at the first frequency and the rf current operating at the second frequency are combined so as to make the plasma radially uniform over the whole area of the wafer.

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The field of application of industry] This invention relates the plasma of the direction of a path to the plasma treatment system which has a controllable property in homogeneity over the wafer of a large area, or the whole surface of an RF electrode especially about the wafer processing system which uses the direction homogeneity plasma of the diameter of a wafer front face. This system is used for etching, chemical vapor growth, or spatter membrane formation.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since the large area plasma treatment system equipped with the homogeneity of the plasma improved in the direction of a path over the whole surface of the front face of a wafer or a substrate processes without producing a charge induction damage uniformly [ wafer / large area ] in the direction of a path, a demand is very high. Especially the plasma exchange dry etching of the dielectric film on the front face of a wafer needs the higher homogeneity of the plasma over all wafer front faces in order to prevent a charge induction damage from the device made on the front face of a wafer. However, use of the conventional capacitive coupling mold plasma (CCP) has a limit [ acquiring the uniform high plasma according to the direction of a path with increase of the dimension of an RF electrode, or increase of the magnitude of a wafer ]. This is explained with reference to drawing 10 and drawing 11.

[0003] Drawing 10 shows drawing which simplified the typical conventional plasma treatment reaction container 201 used for application of etching. This reaction container 201 consists of the wafer holder 203 and the cylindrical shape side attachment wall 204 which are prepared in a bottom plate 202 and this bottom wall 202, a top plate 205, a gas installation port 206, and a flueing port 207. The wafer holder 203 is supported by the shaft 208 fixed to the bottom plate 202. The gas installation port 206 is established in the inside field of a top plate 205 in order to form GASURIZABU 209. The flueing port 207 is formed in the bottom edge of a cylindrical shape side attachment wall. RF electrode 210 is incorporated in the wafer holder 203. The dielectric plate 211 is arranged at the RF electrode 210 bottom. The wafer (or substrate) 212 processed is arranged on said dielectric plate 211. The side of RF electrode 210 else is usually covered with the dielectric matter 213. A power source 214 supplies high-frequency power to RF electrode 210 via a matching circuit 215, a cable 216, and a conductor 217.

[0004] Process gas is usually supplied to the gas reservoir 209 through the main gas installation ports 218, and is introduced into the reaction container 201 through some gas installation ports 206. Usually, the cylindrical shape side attachment wall 204 and the top plate 205 are made from the metal, and are grounded electrically. In some plasma systems, a top plate 205 may be made with the dielectric matter.

[0005] A (radio frequency) is supplied for the high frequency current which operates on the frequency in the range of 1-100MHz to RF electrode 210, and the plasma is generated by the capacity-coupling mold device when the low voltage force, for example, a pressure lower than 200mTorr(s), is maintained inside the reaction container 201 on the other hand. It depends for the homogeneity of the direction of a path of the plasma covering the whole surface on the front face of a wafer on some parameters like the frequency of the high frequency current applied, high-frequency power, a pressure, and the thickness of the dielectric plate 211.

[0006] As one of the conventional plasma reaction containers, the equipment indicated by JP,60-160620,A (U.S. Pat. No. 4,579,618) is known. This equipment has the improved single electrode reaction container. In order for a single electrode to improve a plasma reaction container and to remove the surface residue or particle effectively, the power of a RF and low frequency is supplied. In this equipment, typically, a RF is supplied from a 13.56MHz power source, and low frequency is supplied from a 100kHz power source.

[0007]

[The problem which should be solved by invention] As shown in drawing 10, when the high frequency current is given to the RF electrode 210 bottom, the high frequency current concerned flows to a way outside the direction of a path toward the periphery section first, and flows to a way among the directions of a path toward the core of an RF electrode 210 top at the degree. So, the consistency of the high frequency current comes to increase toward the core of RF

electrode 210. While the high frequency current flows the top face of RF electrode 210, the high frequency current is combined with the plasma in capacity through the dielectric plate 211. Since the higher current density in the central field of RF electrode 210 exists, the high-frequency power combined with the plasma from the central field of RF electrode 210 is higher similarly.

[0008] In most conventional sources of the plasma which include the source of the plasma shown by drawing 10 on account of the reason mentioned above, the radial-distribution gestalt (profile) 219 of a plasma consistency is shown in drawing 11. In this profile 219, a central field has a higher plasma consistency and the plasma consistency of a parenthesis is falling gradually toward an edge. On account of these uneven radial distribution of the plasma, the processing speed in a wafer front face serves as an ununiformity similarly.

[0009] On the other hand, the plasma reaction container equipment of the above-mentioned reference has the single electrode with which a predetermined RF and low frequency are given. However, it cannot perform attaining the large area plasma of a uniform consistency in the direction of a path demanded according to the structure of fulfilling the conditions described by the above-mentioned reference.

[0010] The purpose of this invention is to offer the wafer processing system using the direction homogeneity plasma of the diameter of a wafer front face which makes the uniform plasma in the direction of a path over the substrate of a large area which solves the above-mentioned problem, or the whole surface of an RF electrode.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The system by this invention is constituted as follows, in order to attain the above-mentioned purpose.

[0012] The 1st system by this invention processes the wafer concerned using the uniform plasma over the front face of a wafer in the direction of a path. The plasma is made by the device (a mechanism, capacitive coupling device) combined in capacity. The system concerned has a reaction container, an RF electrode, a dielectric plate, and the 1st and 2nd RF current source. The reaction container was grounded and is further equipped with a wafer holder and gas induction. A wafer is carried on a wafer holder and process gas is introduced through gas induction. An RF electrode is incorporated into a wafer holder and has capacitance and/or an inductance control section in the front face. This part sets up the capacitance between an RF electrode and the plasma (electrostatic capacity), and/or the inductance from the edge of an RF electrode to a core. The dielectric plate is being fixed to the top face of an RF electrode. A wafer is arranged on a dielectric plate. The 1st RF current source supplies the high frequency current which operates on the 1st frequency to an RF electrode. The 2nd current source supplies the high frequency current which operates on the 2nd frequency to the above-mentioned RF electrode. In the above-mentioned system, two plasma made by the high frequency current which operates on the 1st frequency, and the high frequency current which operates on the 2nd frequency is compounded, and makes the uniform plasma in the direction of a path over the whole surface product of a wafer.

[0013] In the above-mentioned system of this invention, preferably, capacitance and/or an inductance control section are the slots of two or more concentric circles formed on the front face of an RF electrode, and the dielectric matter is filled by each of a slot.

[0014] In the above-mentioned system of this invention, capacitance and/or an inductance control section are dielectric plates with which thickness is gradually increased toward the core of an RF electrode preferably.

[0015] In the above-mentioned system of this invention, preferably, the 1st frequency is in the range of VHF, and the 2nd frequency is in the range of HF.

[0016] The 2nd system of this invention makes the plasma based on the device similarly combined in capacity again. This 2nd system has the above-mentioned reaction container, the single RF electrode, the dielectric plate, and the RF current source. A single RF electrode is incorporated into a wafer holder. A dielectric plate is fixed to the top face of an RF electrode. It functions as capacitance and/or an inductance control section, and this sets up the inductance from a setup of the capacitance between an RF electrode and the plasma, and/or the edge of an RF electrode to a core. A RF current source supplies the high frequency current which operates to an RF electrode in a 10-100MHz frequency domain. In the above-mentioned system, by controlling capacitance and/or an inductance by above-mentioned capacitance and/or an above-mentioned inductance control section, the plasma made by the high frequency current is set up so that the uniform plasma may be made in the direction of a path.

[0017] In the above-mentioned system of this invention, preferably, the dielectric plate is monotonous, and capacitance and/or an inductance control section are formed so that the dielectric matter in each part of a dielectric plate may be changed.

[0018] In the above-mentioned system of this invention, capacitance and/or an inductance control section are dielectric plates with which thickness decreases gradually or is increased toward the core of an RF electrode preferably.

[0019] In the above-mentioned system of this invention, each of these slots is preferably filled by the dielectric matter including the slot of two or more concentric circles where capacitance and/or an inductance control section were formed on the front face of an RF electrode.

[0020] The 3rd system of this invention makes the plasma based on the device similarly combined in capacity again. The 2nd system has the above-mentioned reaction container, 1st, 2nd, and 3rd RF electrode, 1st and 2nd dielectric plate and 1st, 2nd, and 3rd RF current source. The 1st RF electrode is prepared in the reaction container bottom, and in order to control the capacitance between the 1st RF electrode and the plasma, and/or the inductance from the edge of the 1st electrode to a core, it has the slot of two or more concentric circles on the inferior surface of tongue. Each slot is filled by the dielectric matter. The 1st dielectric plate is being fixed to the bottom side of the 1st RF electrode. The 2nd RF electrode is incorporated in the wafer holder. The 2nd dielectric plate is being fixed to the top front face of the 2nd RF electrode. The 1st RF current source supplies the high frequency current which operates on the 1st frequency to the 1st RF electrode, and the 2nd RF current source supplies the high frequency current which operates on the 2nd frequency to the 1st RF electrode. In this system, two plasma made by the high frequency current which operates on the 1st frequency, and the high frequency current which operates on the 2nd frequency is compounded by the plasma uneven in the direction of a path, and this plasma is diffused toward a wafer, consequently it becomes the uniform plasma in the direction of a path.

[0021] In the above-mentioned system of this invention, the 3rd RF current source supplies preferably the high frequency current which operates on the 3rd frequency to the 2nd RF electrode.

[0022] In the above-mentioned system of this invention, the 1st frequency is in the range of VHF, and the 2nd frequency is in the range of HF to this.

[0023] In the above-mentioned system of this invention, the 3rd frequency is in the range of 30MHz from several kHz.

[0024]

[Embodiment of the Invention] Below, a suitable operation gestalt is explained with reference to an accompanying drawing. The detail of this invention is clarified through the next explanation about an operation gestalt.

[0025] The 1st operation gestalt of this invention is explained with reference to drawing 1, and 2 and 3. Drawing 1 shows drawing of longitudinal section of the plasma treatment system of the 1st operation gestalt. This plasma treatment system has the reaction container 10. This reaction container 10 consists of a top plate 11, a bottom wall 12, and a cylindrical shape side attachment wall 13. The reaction container 10 has the wafer holder 14 in the interior. The shaft prepared in the bottom wall 12 is supporting the wafer holder 14. A shaft 15 is moved up and down preferably. The wafer holder 14 contains the dielectric plate (dielectric plate) 17 arranged on RF electrode 16 and this RF electrode 16. A top plate 11 has main gas induction 11A and the gas installation plate 18, and some gas inlets 19 are formed in the gas installation plate 18. The gas reservoir 20 is formed between a top plate 11 and the gas installation plate 18. The cylindrical shape side attachment wall 13 is equipped with the gas discharge section 21 in the bottom.

[0026] The cylindrical shape side attachment wall 13 and the top plate 11 are made from the metal, and they are grounded electrically. Process gas is usually supplied to the gas reservoir 20 through main and gas induction 11A, and is introduced into the reaction container 10 through some gas inlets 19. The gas inside the reaction container 10 is exhausted through the gas discharge section 21, and the gas discharge section 21 concerned is connected to the exhauster which is not shown in drawing 1. The variable orifice fixed to the gas discharge section 21 usually controls the pressure inside the reaction container 10. The variable orifice is not illustrated in drawing 1. In addition, the migration device to which a shaft 15 is moved in drawing is omitted.

[0027] In the wafer holder 14, the flank and pars basilaris ossis occipitalis of RF electrode 16 are covered with the dielectric member 22. Furthermore, the flank and pars basilaris ossis occipitalis of the dielectric member 22 are covered with the outer wall 23. It is carried on the dielectric plate 17, the wafer 24, i.e., the substrate, which should be processed.

[0028] Spacing between a wafer 24 and the gas installation plate 18 is set so that it may become predetermined spacing, however this is not an important matter. The spacing is changeable within the limits of 10-100mm. The wafer holder 14 is carried on a shaft 15, is supported, and usually moves the shaft 15 concerned up and down according to the migration device which is not illustrated as explained in the top. However, the wafer holder 15 is also fixable to the bottom plate 12 of the reaction container 10. The outer wall 23 of the wafer holder 14 is made from a metal, and is grounded electrically.

[0029] The plan of only RF electrode 16 is shown in drawing 2. RF electrode 16 is made from a metal, for example, is made from aluminum (aluminum). The diameter of RF electrode 16 which has a round disk configuration is the same as the diameter of the abbreviation wafer 24, or usually larger than the diameter of a wafer only in about a few. RF electrode 16 usually contains other cooling systems which are not shown in drawing, including a water jacket. A water jacket is used for cooling and reducing the temperature of a wafer while processing a wafer. Furthermore, RF electrode 16 has the narrow circular slot 25 (a trench (trench) or groove (groove)) on two or more concentric circles on the top front face. The core of these slots 25 is in agreement with the core of RF electrode 16. The width of face of a slot 25 is not an important thing, and it is about 1mm. Although the depth of a slot 25 is not similarly important again, either, it may be within the limits of 0-10mm. Spacing between two adjacent slots 25 can be changed in 1-5mm. Even if the

same, spacing between two adjacent slots on the arbitration is good, or it is not necessary to make it the same. Therefore, it depends for the number of the slots 25 in the top face of RF electrode 16 on the conditions of the physical magnitude like the diameter of RF electrode 16, the width of face of a slot, and spacing of two adjacent slots.

[0030] Each of two or more slots 25 formed in the top face of RF electrode 16 is filled with the dielectric matter 26. The example of the dielectric matter 26 is a quartz or a ceramic. The dielectric matter 26 filled by the slot 25 contributes to control of the inductance defined between the rims and cores in RF electrode 16. The above-mentioned inductance of RF electrode 16 may be set as a desirable thing.

[0031] On the other hand, other slots which are similar on the inferior surface of tongue of the dielectric plate 17 at them can also be made instead of filling the slot 25 in the top face of RF electrode 16 with the dielectric matter 26. In this case, similarly, the dielectric plate equipped with the bottom slot is fixed again so that the same structure made by the relation between the dielectric plate 17 and RF electrode 16 as shown in the top face of an RF electrode at drawing 1 may be made.

[0032] The dielectric plate 17 is usually made by the ceramic. However, other matter can be used similarly. The dielectric plate 17 needs to be fixed to RF electrode 16 and to have good physical contact by between them. Since it has good thermal conductivity between the dielectric plate 17 and RF electrode 16, this is an important thing. So, in fixing the dielectric plate 17 to RF electrode 16, the process of metallic bond (metal bonding) or diffusion association (diffusion bonding) can be used.

[0033] When two high frequency current which operates on the frequency of two different RFs is applied to RF electrode 16, the plasma is generated over the whole surface of the front face of a wafer 24 based on a capacity-coupling device. The generated plasma has the description of a uniform consistency in the direction of a path over all the front faces of a wafer 24. It depends for the homogeneity of the direction of a path of the plasma on a pressure, the high-frequency power of each high frequency, and the thickness of the dielectric plate 17 and some parameters like resistance.

[0034] The core of the inferior surface of tongue of RF electrode 16 is connected to two RF generators 31 and 32 via matching circuits 33 and 34, the high frequency mixer 35, the high frequency input cable 36, and the high frequency input dynamic body 37. There is one frequency of these RF generators 31 and 32 in the range of VHF, and the frequency of other RF generators is in the range of HF to this. For example, 80MHz is chosen as VHF and 10MHz is chosen as HF. In addition, the frequency of a low side should be noticed about that it should not be made too much low like several kHz. If the frequency of a RF becomes too much low, the high-frequency power given to RF electrode 16 mainly contributes to the process of acceleration of ion, and it is because the contribution to a plasma production process becomes less important. So, about the frequency of the low side (chosen), it must become large enough so that the one section of the high-frequency power by the side of the low frequency concerned may contribute to plasma production. By choosing high frequency, it is desirable to choose the frequency in the high edge of VHF range like 100MHz. The higher rate part of the high-frequency power by the side of high frequency contributes to plasma production, and, on the other hand, only the smaller rate part contributes to the acceleration process of ion.

[0035] The dielectric plate 17 is arranged and fixed to the top face of RF electrode 16. The diameter of the dielectric plate 17 is usually equal to the diameter of RF electrode 16. The thickness of the dielectric plate 16 can be changed from several micrometers to several mm. Usually, a dielectric plate with a thickness of about 3mm is used.

[0036] Here, the controllability of the direction homogeneity of a path of the plasma generated by the frequency of two RFs in the system mentioned above is explained with reference to drawing 3, and 4A, 4B and 4C. drawing 3 -- RF electrode 16, the dielectric plate 17, and a RF input -- drawing of longitudinal section where the conductor 37 was expanded is shown. Drawing 4 A, and 4B and 4C show the radial-distribution gestalt (profile) of a plasma consistency. In drawing 4 A, and 4B and 4C, an axis of abscissa means the distance which crosses an RF electrode, and an axis of ordinate means the consistency of the plasma. In drawing 3, the capacitance by the dielectric plate 16 is set to C, and the inductance to a core 41 from the rim of RF electrode 16 is set to L. About the high frequency current to which the frequency f was then given, the capacity impedance ZC and the induction impedance ZL can be written as follows.  
 $ZC=1/i\omega C$   $ZL=i\omega L$  -- it is  $\omega=2\pi f$  here.

[0037] Here, the frequencies f1 and f2 of two RFs are considered. It is  $f1>f2$  here. The following relation can be then format-ized.

$ZCf1 < ZCf2ZLf1 > ZLf2$  [0038] When taking f1 into consideration, the inductance (induction) impedance from the edge of RF electrode 16 to a core becomes higher than a capacitance (capacity) impedance. Therefore, it is begun in capacity to combine the high frequency current of a frequency f1 with the plasma, when arriving at the top face of RF electrode 16 rather than flowing toward the core 41 of RF electrode 16. So, only the smaller rate part of the high frequency current can arrive at the core of RF electrode 16. For this reason, the direction profile of a path of the plasma generated on RF electrode 16 is changed, and drawing 4 A shows the configuration of the direction profile 42 of a path which is generated in the case of the high frequency current which has a frequency f1. Drawing 4 A shows change of the plasma

consistency profile of high-frequency power (P1, P2, P3) similarly again.

[0039] The high frequency current of a frequency f2 has a higher capacity impedance on the contrary, it is combined with the plasma through the dielectric plate 17, and most high frequency current of a frequency f2 flows at the core 41 of RF electrode 16 in this way. This produces higher RF current density at the core 41 of RF electrode 16. So, the direction profile 43 of a path of the plasma generated by this f2 high frequency current takes the configuration given in drawing 4 B. Change of the direction profile of a path of the plasma consistency accompanying the high-frequency power (P1, P2, P3) applied is similarly shown in drawing 4 B again.

[0040] When choosing one [ suitable ] of the above-mentioned high-frequency power P1, P2, and P3 about the frequencies f1 and f2 of two RFs, the combined plasma consistency forms the uniform plasma in the direction of a path over the front face of a wafer 24, as shown in drawing 4 C. According to the example of drawing 4 C, the direction homogeneity plasma of a path which has the direction profile 44 of a path is made when choosing the direction profiles 42a and 43a of a path. This means that association of the direction profiles 42a and 43a of a path makes the uniform plasma in the direction of a path over all the front faces of a wafer 24. Direction profile of path 42a is based on the above f2 and P2, and direction profile of path 43a is based on the above f1 and P1.

[0041] Usually, when changing a plasma production pressure, the direction profile of a path of a plasma consistency is changed similarly again. However, in this case, high frequency current f1 and f2 may be suitably changed again until the uniform plasma is generated in the direction of a path. Therefore, if this technique is used, the uniform plasma can be acquired over the range of a considerable pressure in the direction of a path.

[0042] The value of f1 and f2 should be taken into consideration in determining the dimension of the slot 25 in RF electrode 16. Furthermore, the type and dimension of the matter of the dielectric plate 17 are similarly determined again by taking into consideration the frequencies f1 and f2 of the selected RF. On the other hand, depending on the inductance L in the front face of RF electrode 16, and the capacitance C by the dielectric plate 17, the opposite approach that f1 and f2 may be chosen can also be performed. Since a plasma consistency profile is produced as it is explained first and shown in drawing 4 A, and 4B and 4C, these parameters L, C, f1, and f2 are chosen. When a pressure changes, the direction profile of a path of a plasma consistency is changed similarly. Then, the high-frequency power of frequencies f1 and f2 should be changed until the homogeneity of the \*\* (ed) direction of a path is given.

[0043] If the above-mentioned system of the 1st operation gestalt is followed, since the slot with which the dielectric matter was filled will be formed in the top face of RF electrode 16, it is further increased by the inductance in the front face. Instead of increasing an inductance, capacitance is also changeable similarly. For example, as shown in drawing 5, RF electrode 45 which is one of the deformation of RF electrode 16 can be made. In this RF electrode 45, it is gradually increased by the thickness of the dielectric plate 46 toward that core. In the dielectric plate 46, the capacitance C1 in a periphery and the capacitance C2 in the field near a core are defined. Capacitance C2 is smaller than capacitance C1. According to the dielectric plate 46, capacitance is changed depending on the location of the direction of a path. The above-mentioned structure of RF electrode 45 and the dielectric plate 45 can improve the controllability of the flow of the high frequency current, and it can improve a plasma consistency profile so that it may become further more desirable.

[0044] Next, the 2nd operation gestalt concerning this invention is explained with reference to drawing 6. This drawing shows the sectional view of the plasma treatment system by the 2nd operation gestalt. In drawing 6, the reference number with the same, respectively same element is substantially assigned with the element explained with the 1st operation gestalt. The plasma treatment system of the 2nd operation gestalt has two RF electrodes 51, i.e., an up electrode, and lower RF electrode 52. Lower RF electrode 52 is incorporated in the wafer holder 14. Up RF electrode 51 is arranged in parallel above the wafer holder 14.

[0045] The source of the plasma of the 2nd operation gestalt consists of two above-mentioned RF electrodes 51 and 52. The inferior surface of tongue of up RF electrode 51 is equipped with two or more slots 53, and each of two or more slots is filled with the dielectric matter 54. The slot 53, the structure, and an operation of the dielectric matter 54 are the same as those structures where it was explained in the 1st operation gestalt. Up RF electrode 51 is surrounded and supported by the dielectric supporter material 50. On the other hand, lower RF electrode 52 has the only round disk configuration. The dielectric plate 17 is arranged on lower RF electrode 52.

[0046] Similarly, the dimension of a slot 53 is chosen again, as explained in the 1st operation gestalt. Furthermore, the inferior surface of tongue of up RF electrode 51 is covered with the dielectric plate 55. Only 10-50mm of the diameter of up RF electrode 51 is usually larger than the diameter of the wafer arranged on the wafer holder 14. The description of all others of up RF electrode 51, a slot 53, the dielectric matter 54, and the dielectric plate 55 is the same as them about RF electrode 16 explained in the 1st operation gestalt. The location of lower RF electrode 52 is the same as the location where RF electrode 16 exists substantially. High-frequency power is supplied to up RF electrode 51 from two different high-frequency power generators which operates on two different frequencies. The attribute of these high-frequency power generators is similar with them which were similarly given with the 1st operation gestalt again. That



is, the core of the top face of up RF electrode 51 is connected to RF generators 31 and 32 via matching circuits 33 and 34, the high-frequency-current mixer 35, and the high frequency input cable 36.

[0047] In the wafer holder 14, the dielectric plate 17 arranged on lower RF electrode 52 is not an essential thing. In this case, a wafer 24 can also be directly placed on lower RF electrode 52. Lower RF electrode 52 can give high-frequency power. the high-frequency power given to lower RF electrode 52 -- RF generator (high frequency generator) 57 to the matching circuit 56, and an input -- it is supplied through a conductor 37. The frequency of the high-frequency power from RF generator 57 is not an important thing, for example, is changed from several kHz to 30MHz. In addition, the high-frequency power which RF electrode 52 is given should be noticed about it not being essential.

[0048] Process gas is introduced into the reaction container 10 through the gas installation hole 58 of the shoes formed on the circular tubing 59 which approached the side attachment wall 13 and was formed. The circular tubing 59 is arranged along with a part for the upper part of the inside of a side attachment wall 13, and the gas emitted from the gas installation hole 58 is given to the tooth space between up RF electrode 51 and the wafer 24 which should be processed. However, this gas installation approach is not an important thing, and can use the different approach of so introducing gas in a reaction container.

[0049] The plasma is generated by applying the high frequency current to up RF electrode 51. On the other hand, the high frequency current applied to lower RF electrode 52 is used in order to control the energy of the ion which mainly collides with a wafer front face.

[0050] The frequency of the high frequency current applied to up RF electrode 51 is f1 and f2 which were mentioned above. The range of f1 and f2 is as the 1st operation gestalt having been described. the direction [ in / after determining a dimension about the slot 53 and the dielectric plate 55 with which up RF electrode 51 and the dielectric matter 54 were filled / in frequencies f1 and f2 / a wafer front face ] of a path -- it is chosen so that the plasma of a uniform consistency can be given, or it is materialized also when reverse.

[0051] As compared with the 1st operation gestalt, I hear that the high frequency current with the frequency of f1 and f2 changes, and there are main differences in the 2nd operation gestalt so that the uniform plasma may be given in the direction of a path on the front face of the wafer which exists on the lower RF electrode of the opposite side. So, in the case of the 2nd operation gestalt, the direction plasma consistency profile of a path on an up RF electrode does not need to be uniform in essence. Drawing 7 shows change of the direction plasma consistency profile of a path in the space between up RF electrode 51 and lower RF electrode 52. The direction plasma consistency profile 61 of a path just under up RF electrode 51 is the plasma of a consistency uneven in the direction of a path, on the other hand the direction plasma consistency profile 62 of a path right above lower RF electrode 52 is the consistency plasma uniform in the direction of a path. In the direction of [ from the up electrode 51 ] the lower electrode 52, the direction plasma consistency profile 61 of a path changes to the direction plasma consistency profile 62 of a path gradually, and goes.

[0052] Again, the slot 53 with which the dielectric matter 54 currently formed in the inferior surface of tongue of up RF electrode 51 was filled is not essential to using this technique so that it may be explained to the 1st operation gestalt. Instead, the thickness of the dielectric plate 55 or the matter of the dielectric plate 55 is also changeable.

[0053] Next, the 3rd operation gestalt is explained with reference to drawing 8 and drawing 9 . Drawing 8 shows the sectional view of the reaction container of the 3rd operation gestalt. In the reaction container of the 3rd operation gestalt, the structure of an RF electrode is similar to it of the 1st operation gestalt. The reference number with the same, respectively same element is substantially assigned with the element explained with the 1st operation gestalt in the 3rd operation gestalt. The source of the plasma established in the reaction container 10 by the 3rd operation gestalt has single RF electrode 71 prepared in the interior of the wafer holder 14. If the structure shown in drawing 8 is followed, RF electrode 71 is not equipped with a slot and the dielectric matter. The dielectric plate 72 with which the wafer 24 which should be processed was carried is arranged on RF electrode 71. the input cable 36 of the RF generator 73 to the matching circuit 74 and the above-mentioned, and an input -- the high frequency current which operates on the frequency of the range of about 10-100MHz through a conductor 37 is given. [ RF electrode 71 ] Other configurations are the same as them of the 1st operation gestalt. So, the explanation about other configurations is omitted.

[0054] RF electrode 71 is the nest part of the wafer holder 14. The diameter of RF electrode 71 is usually chosen so that a wafer may be a diameter mostly. The top face of RF electrode 71 and the inferior surface of tongue of the dielectric plate 72 are desirable flat configurations.

[0055] The thickness of the dielectric plate 72 is determined as follows.

[0056] As stated in the top, the high frequency current to which RF electrode 71 operates in an about 10 to 100MHz frequency range is given. As explained by the 1st operation gestalt, this high frequency current is combined with the plasma based on the device combined in capacity through the dielectric plate 72. The high frequency current meets with the impedance of two types, i.e., a capacity impedance and an induction impedance which was stated with the 1st operation gestalt. Supposing a capacity impedance is high as compared with an induction impedance, most high frequency current will flow toward the core of RF electrode 71. So, the high frequency current of a higher frequency



flows to the plasma in a central field via capacity coupling. As compared with a plasma consistency [ in / in this / the edge of an RF electrode ], a higher plasma consistency is made in a central field.

[0057] On the contrary, if a capacity impedance is low as compared with an induction impedance, most high frequency current will be combined with the plasma in the rim of RF electrode 71 rather than flowing at the core of RF electrode 71. This brings the result of bringing about the plasma of a higher consistency in the rim of RF electrode 71.

[0058] Therefore, by making it dependent on the part of the dielectric plate 72 in the direction of a path, and choosing the suitable dielectric matter, the capacitance (C) of those parts can be changed so that the direction homogeneity plasma of a path on the front face of a wafer 24 may be made. On the other hand, similarly, the inductance (L) in the top face of RF electrode 71 can be changed again so that the direction homogeneity plasma of a path on a wafer front face may be made.

[0059] Furthermore, the frequency of the high-frequency power applied in order to obtain the same result is also changeable instead of changing capacitance and/or an inductance, in order to make the uniform plasma in the direction of a path as stated in the top. In this case, capacitance and an inductance are held uniformly, and another side and a frequency are changed until the uniform plasma is brought about in the direction of a path as a result on a wafer front face.

[0060] Furthermore, in order to change capacitance, an inductance, or both to coincidence, as shown in a different gestalt (A) about the top face of RF electrode 71, for example, drawing 9, and drawing 9 (B), it can choose. As shown in drawing 9 R> 9 (A) and drawing 9 (B), the top face of an RF electrode (71a, 71b) and the inferior surface of tongue of a dielectric plate (72a, 72b) can be made into a convex or concave pyramid configuration. Depending on the top-face configuration of RF electrode 71, the inferior surface of tongue of the dielectric plate 72 can be changed, and, as a result, the dielectric plate 72 can be suitably fixed on RF electrode 71. That is, as shown in drawing 9 (A), when the top face of RF electrode 71a is a convex pyramid configuration, the inferior surface of tongue of dielectric plate 72A is a concave pyramid configuration. As shown in drawing 9 (B), when the top face of RF electrode 71B is a concave pyramid configuration on the contrary, the inferior surface of tongue of dielectric plate 72B is a convex pyramid configuration.

[0061] By choosing suitable thickness to the dielectric plate 72, as mentioned above, capacitance (C) is changed so that the uniform plasma may be made in the direction of a path on a wafer front face. The inductance (L) in the top face of an RF electrode can be changed so that the still more uniform plasma in the direction of a path on a wafer front face may be made.

[0062] Furthermore, it is also possible to have a slot, as shown to drawing 9 (C) by the top face of RF electrode 71. The structure of the example shown in drawing 9 R> 9 (C) and an operation are the same as them which were explained in the 1st operation gestalt.

[0063] Although this invention was explained with reference to the special operation gestalt, it is clear from the pneuma and the range of this invention that the various deformation and the change for this contractor can be produced, without getting used.

[0064]

[Effect of the Invention] It is improved so that the source of the plasma which has the single RF electrode used for making the plasma suitable for a large area wafer based on the device of capacity coupling or the RF electrode of a top and the bottom may become possible [ making the plasma which has the profile of a uniform consistency in the direction of a path ] according to this invention. The direction plasma consistency profile of a path improved over the front face of the RF electrode of a large area or the front face of a wafer easy-izes homogeneous control of a plasma consistency in the desirable pressure required of wafer processing.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-246368

(P2002-246368A)

(43) 公開日 平成14年8月30日 (2002.8.30)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
H 0 1 L 21/3065		C 2 3 C 16/509	4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/509		H 0 1 L 21/205	5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/205		H 0 5 H 1/46	M 5 F 0 4 5
// H 0 5 H 1/46		H 0 1 L 21/302	C

審査請求 未請求 請求項の数13 O L 外国語出願 (全 49 頁)

(21) 出願番号 特願2001-36622(P2001-36622)

(22) 出願日 平成13年2月14日 (2001.2.14)

(71) 出願人 000227294

アネルバ株式会社

東京都府中市四谷5丁目8番1号

(72) 発明者 スニル ウィクラマナヤカ

東京都府中市四谷5丁目8番1号 アネル  
バ株式会社内

(74) 代理人 100094020

弁理士 田宮 寛社

Fターム (参考) 4K030 CA12 FA03 GA02 JA18 KA15

KA30 KA46 LA15

5F004 BA06 BB13 BB29

5F045 AA08 BB02 DP03 DQ10 EB02

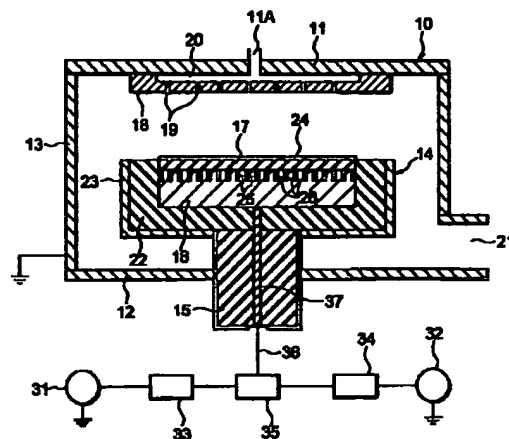
EB03 EF05 EH04 EH07 EH08

EH12 EH20 EM02 EM09 EM10

(54) 【発明の名称】 ウェハ表面径方向均一プラズマを用いるウェハ処理システム

## (57) 【要約】

【解決手段】 プラズマは容量結合による機構に基づいて生成される。当該システムは、反応容器、高周波電極、誘電体プレート、第1と第2の高周波電流源を備える。反応容器はウェハホルダを備えている。高周波電極はウェハホルダの中に組み込まれ、その表面にキャパシタンスおよび/またはインダクタンス制御部を有する。この部分は高周波電極とプラズマの間のキャパシタンスおよび/または高周波電極の縁から中心に至るインダクタンスを設定する。ウェハは誘電体プレートの上に配置される。第1高周波電流源は高周波電極に対して第1周波数で動作する高周波電流を供給する。第2電流源は高周波電極に対して第2周波数で動作する高周波電流を供給する。第1周波数で動作する高周波電流と第2周波数で動作する高周波電流によって作られる2つのプラズマは合成され、ウェハの全領域にわたって径方向に均一なプラズマを作るように合成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ウェハ表面の径方向に均一のアラズマでウェハを処理するシステムであり、前記アラズマは容量的結合型機構によって生成され、

接地されかつウェハホルダとガス導入部を備え、前記ウェハが前記ウェハホルダの上に搭載され、プロセスガスが前記ガス導入部を通して投入される反応容器と、

前記ウェハホルダの中に組み込まれ、表面上にキャパシタンスおよび／またはインダクタンス制御部を有し、前記高周波電極と前記アラズマとの間のキャパシタンスおよび／または前記高周波電極の縁から中心までのインダクタンスを設定する高周波電極と、

前記高周波電極の上面に固定され、その上に前記ウェハが配置される誘電体プレートと、

前記高周波電極に対して第1周波数で動作する高周波電流を供給する第1高周波電流源と、そして前記高周波電極に対し第2周波数で動作する高周波電流を供給する第2の電流源とを備え、

前記構成において、前記第1周波数で動作する前記高周波電流と前記第2周波数で動作する前記高周波電流によって生成される両方のアラズマは前記径方向に均一なアラズマを作るように合成されることを特徴とするウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システム。

【請求項2】 前記キャパシタンスおよび／またはインダクタンス制御部は、前記高周波電極の表面の上に形成された複数の同心円の溝であって、前記溝の各々には誘電体物質が満たされている前記溝であることを特徴とする請求項1記載のウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システム。

【請求項3】 前記キャパシタンスおよび／またはインダクタンス制御部は、誘電体板であり、その厚みは前記高周波電極の中心に向かって次第に増加することを特徴とする請求項1記載のウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システム。

【請求項4】 前記第1周波数はVHFの範囲にあり、前記第2周波数はHFの範囲にあることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システム。

【請求項5】 ウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システムであり、前記アラズマは容量的結合型機構によって生成され、

接地されかつウェハホルダとガス導入部を備え、前記ウェハは前記ウェハホルダの上に搭載され、プロセスガスが前記ガス導入部を通して導入される反応容器と、

前記ウェハホルダに組み込まれる単一の高周波電極と、

前記高周波電極の上側表面に固定され、前記高周波電極

と前記アラズマの間のキャパシタンスおよび／または前記ウェハが配置される前記高周波電極の縁から中心までのインダクタンスを設定するためのキャパシタンスおよび／またはインダクタンス制御部として機能する誘電体プレートと、そして前記高周波電極に対して10～100MHzの周波数範囲で動作する高周波電流を供給する高周波電流源とを備え、

前記構成において、前記高周波電流によって生成されるアラズマは、前記キャパシタンスおよび／またはインダクタンス制御部によって前記径方向均一アラズマを作るように前記キャパシタンスおよび／またはインダクタンスを制御することによって径方向均一アラズマを作るように設定されることを特徴とするウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システム。

【請求項6】 前記誘電体プレートは平板であり、前記キャパシタンスおよび／またはインダクタンス制御部は、前記誘電体プレートの各部における誘電物質を変化させることで形成されることを特徴とする請求項5記載のウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システム。

【請求項7】 前記キャパシタンスおよび／またはインダクタンス制御部は、厚みが前記高周波電極の中心に向かって次第に減少される前記誘電体プレートであることを特徴とする請求項5記載のウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システム。

【請求項8】 前記キャパシタンスおよび／またはインダクタンス制御部は、厚みが前記高周波電極の中心に向かって次第に増加される誘電体プレートであることを特徴とする請求項5記載のウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システム。

【請求項9】 前記キャパシタンスおよび／またはインダクタンス制御部は、前記高周波電極の表面の上に形成された複数の同心円の溝を含み、前記溝の各々は誘電体物質で満たされていることを特徴とする請求項5記載のウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システム。

【請求項10】 ウェハ表面径方向均一アラズマを用いるウェハ処理システムであり、アラズマは容量的結合型機構によって生成され、

接地されかつウェハホルダとガス導入部を備え、ウェハが前記ウェハホルダの上に搭載され、プロセスガスが前記ガス導入部を通して導入される反応容器と、前記反応容器の上側に設けられる第1高周波電極であって、この第1高周波電極とアラズマの間のキャパシタンスおよび／または前記第1電極の縁から中心までのインダクタンスを制御するため、その下面に複数の同心円の溝を有し、前記溝の各々には誘電体物質が満たされる前記第1高周波電極と、

前記第1高周波電極の下面に固定された第1誘電体プレートと、

前記ウェハーホルダに組み込まれた第2高周波電極と、前記第2高周波電極の下面に固定された第2誘電体プレートであって、その上に前記ウェハーが配置される前記誘電体プレートと、

前記第1高周波電極に対して第1周波数で動作する高周波電流を供給する第1高周波電流源と、そして、前記第1高周波電極に対して第2周波数で動作する高周波電流を供給する第2高周波電流源とを備え、前記構成において、前記第1周波数で動作する前記高周波電流と前記第2周波数で動作する前記高周波電流によって作られる2つのプラズマが径方向不均一のプラズマとなるように合成され、この径方向に不均一のプラズマは前記ウェハーに向かって拡散され、その結果、前記径方向均一プラズマとなることを特徴とするウェハー表面径方向均一プラズマを用いるウェハー処理システム。

【請求項10】 前記第2高周波電極に対して第3周波数で動作する高周波電流を供給する第3高周波電流源を含むことを特徴とする請求項9記載のウェハー表面径方向均一プラズマを用いるウェハー処理システム。

【請求項11】 前記第1周波数はVHFの範囲にあり、前記第2周波数はHFの範囲にあることを特徴とする請求項9または10記載のウェハー表面径方向均一プラズマを用いるウェハー処理システム。

【請求項12】 前記第3周波数は数kHzから30MHzの範囲にあることを特徴とする請求項10または11記載のウェハー表面径方向均一プラズマを用いるウェハー処理システム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【産業の応用の分野】本発明は、ウェハー表面径方向均一プラズマを用いるウェハー処理システムに関し、特に、大面積のウェハーまたは高周波電極の全面にわたる径方向のプラズマを均一に制御可能な特性を持つプラズマ処理システムに関する。このシステムはエッチング、化学的気相成長、あるいはスパッタ成膜に用いられる。

#### 【0002】

【従来の技術】ウェハーあるいは基板の表面の全面にわたって径方向において、改善されたプラズマの均一性を備えた大面積プラズマ処理システムは、大面積ウェハーを径方向に均一にかつチャージ誘導ダメージを生じることなく処理するため、非常に要求の高いものである。特に、ウェハーの表面上における誘電体膜のプラズマ支援ドライエッチングは、ウェハーの表面の上に作り込まれるデバイスからチャージ誘導ダメージを防止するため、全ウェハー表面にわたってプラズマのより高い均一性を必要としている。しかしながら、従来の容量的結合型プラズマ(CCP)の使用は、高周波電極の寸法の増大、あるいはウェハーの大きさの増大に伴って径方向により高い均一なプラズマを得るということにおいて、制限がある。このことを図10と図11を参照して説明する。

10

20

30

40

50

【0003】図10は、エッチングの応用に用いられる代表的な従来のプラズマ処理反応容器201を簡略化した図を示している。この反応容器201は、底板202、この底壁202に設けられるウェハーホルダ203、円筒形側壁204、トッププレート205、ガス導入ポート206およびガス排気ポート207から構成されている。ウェハーホルダ203は、底板202に固定されたシャフト208によって支持されている。ガス導入ポート206はガスリザーブ209を形成するためトッププレート205の内側領域に設けられている。ガス排気ポート207は円筒形側壁の下側端部に形成されている。高周波電極210はウェハーホルダ203のなかに組み込まれている。誘電体プレート211は高周波電極210の上側に配置されている。処理されるウェハー(または基板)212が前記誘電体プレート211の上に配置されている。高周波電極210の他の側は、通常、誘電体物質213によって覆われている。電源214は、整合回路215、ケーブル216、そして導体217を経由して高周波電極210に対して高周波電力を供給する。

【0004】プロセスガスは、通常、主要なガス導入ポート218を通してガスリザーブ209に供給され、それからいくつかのガス導入ポート206を通して反応容器201の中に導入される。通常、円筒形側壁204とトッププレート205は金属で作られており、電気的に接地されている。いくつかのプラズマシステムにおいて、トッププレート205は誘電体物質によって作られることもある。

【0005】1~100MHzの範囲における周波数で動作する高周波電流が(ラジオ周波数)が高周波電極210に供給され、一方、低圧力、例えば200mTorrよりも低い圧力が反応容器201の内部で維持されている場合において、プラズマは容量結合型機構によって生成される。ウェハー表面の全面にわたるプラズマの径方向の均一性は、適用される高周波電流の周波数、高周波電力、圧力、そして誘電体プレート211の厚みのごときいくつかのパラメータに依存する。

【0006】従来のプラズマ反応容器の1つとして、特開昭60-160620号(米国特許第4,579,618号)に開示される装置が知られている。この装置は改善された単一の電極反応容器を有している。単一電極は、プラズマ反応容器を改善し、かつ表面残留物またはパーティクルを効果的に除去するために、高周波と低周波の電力が供給される。この装置において、代表的に、高周波は13.56MHzの電源から供給され、低周波は100kHzの電源から供給される。

#### 【0007】

【発明によって解決されるべき問題】図10に示されるように、高周波電流が高周波電極210の下側に与えられるとき、当該高周波電流は最初に周縁部に向かって径

方向の外方に流れ、そしてその次に高周波電極210の上側の中心に向かって径方向の内方に流れる。それ故に、高周波電流の密度は、高周波電極210の中心に向かって増加するようになる。高周波電流が高周波電極210の上面を流れる間、高周波電流は誘電体プレート211を通してプラズマに容量的に結合する。高周波電極210の中心領域ではより高い電流密度が存在するので、高周波電極210の中心領域からのプラズマに結合する高周波電力は、同様に、より高いものである。

【0008】前述した理由の故に、図10で示されたプラズマ源を含む従来のプラズマ源の大部分において、プラズマ密度の径方向の分布形態（プロファイル）219は図11に示される。このプロファイル219において、中心領域はより高いプラズマ密度を有し、かつこのプラズマ密度は縁に向かって次第に低下している。プラズマのこの不均一な径方向の分布の故に、ウェハー表面における処理速度は同様に不均一となる。

【0009】一方、上記文献のプラズマ反応容器装置は、所定の高周波と低周波が与えられる単一の電極を有している。しかしながら、上記文献に記述された条件を満たす構造によって、要求される径方向に均一な密度の大面積プラズマを達成することをできない。

【0010】本発明の目的は、前述の問題を解消する、大面積の基板または高周波電極の全面にわたって径方向に均一なプラズマを作るウェハー表面径方向均一プラズマを用いるウェハー処理システムを提供することにある。

【0011】

【問題を解決するための手段】本発明によるシステムは、前述の目的を達成するため次の通り構成される。

【0012】本発明による第1のシステムは、ウェハーの表面にわたり径方向に均一なプラズマを用いて当該ウェハーを処理する。プラズマは容量的に結合される機構（メカニズム、容量的結合機構）によって作られる。当該システムは反応容器、高周波電極、誘電体プレート、第1と第2の高周波電流源を有している。反応容器は接地され、さらにウェハーホルダとガス導入部を備えている。ウェハーはウェハーホルダの上に搭載され、プロセスガスはガス導入部を通して導入される。高周波電極はウェハーホルダの中に組み込まれ、その表面においてキャパシタンスおよび/またはインダクタンス制御部を有している。この部分は、高周波電極とプラズマとの間のキャパシタンス（静電容量）および/または高周波電極の縁から中心までのインダクタンスを設定する。誘電体プレートは高周波電極の上面に固定されている。ウェハーは誘電体プレートの上に配置される。第1の高周波電流源は第1の周波数で動作する高周波電流を高周波電極に供給する。第2の電流源は上記高周波電極に対し第2の周波数で動作する高周波電流を供給する。上記のシステムにおいて、第1周波数で動作する高周波電流によ

て、そして第2の周波数で動作する高周波電流によって作られる2つのプラズマは合成され、ウェハーの全面積にわたり径方向に均一なプラズマを作る。

【0013】本発明の上記システムにおいて、好ましくは、キャパシタンスおよび/またはインダクタンス制御部は、高周波電極の表面上に形成された複数の同心円の溝であり、溝の各々には誘電体物質が満たされている。

【0014】本発明の上記システムにおいて、好ましくは、キャパシタンスおよび/またはインダクタンス制御部は、厚みが高周波電極の中心に向かって次第に増加される誘電体プレートである。

【0015】本発明の上記システムにおいて、好ましくは、第1周波数はVHFの範囲にあり、第2周波数はHFの範囲にある。

【0016】本発明の第2のシステムは、同様にまた、容量的に結合された機構に基づいてプラズマを作る。この第2システムは、前述の反応容器、単一の高周波電極、誘電体プレート、高周波電流源を有している。単一の高周波電極はウェハーホルダの中に組み込まれる。誘電体プレートは高周波電極の上面に固定される。それはキャパシタンスおよび/またはインダクタンス制御部として機能し、これは高周波電極とプラズマの間のキャパシタンスの設定、および/または、高周波電極の縁から中心までのインダクタンスを設定する。高周波電流源は高周波電極に対して10~100MHzの周波数領域で動作する高周波電流を供給する。上記のシステムにおいて、高周波電流によって作られたプラズマは、上記のキャパシタンスおよび/またはインダクタンス制御部によって、キャパシタンスおよび/またはインダクタンスを制御することによって、径方向に均一なプラズマを作るように設定される。

【0017】本発明の上記システムにおいて、好ましくは、誘電体プレートは平板であり、キャパシタンスおよび/またはインダクタンス制御部は、誘電体プレートの各部分における誘電体物質を変化させるごとく形成される。

【0018】本発明の上記システムにおいて、好ましくは、キャパシタンスおよび/またはインダクタンス制御部は、厚みが高周波電極の中心に向かって次第に減少されまたは増加される誘電体プレートである。

【0019】本発明の上記システムにおいて、好ましくは、キャパシタンスおよび/またはインダクタンス制御部は、高周波電極の表面上に形成された複数の同心円の溝を含み、これらの溝の各々は誘電体物質によって満たされている。

【0020】本発明の第3のシステムは、同様にまた、容量的に結合された機構に基づいてプラズマを作る。第2のシステムは、前述の反応容器、第1、第2、第3の高周波電極、第1と第2の誘電体プレート、そして第1、第2、第3の高周波電流源を有している。第1高周

10

20

30

40

50

波電極は反応容器の上側に設けられ、そして第1高周波電極とプラズマの間のキャパシタンスおよび/または第1電極の縁から中心までのインダクタンスを制御するために、その下面上に複数の同心円の溝を有している。各溝は誘電体物質によって満たされている。第1誘電体プレートは第1高周波電極の下側面に固定されている。第2高周波電極はウェハーホルダの中に組み込まれている。第2誘電体プレートは第2高周波電極の上側表面に固定されている。第1高周波電流源は第1高周波電極に対して第1周波数で動作する高周波電流を供給しそして第2高周波電流源は第1高周波電極に対して第2周波数で動作する高周波電流を供給する。このシステムにおいて、第1周波数で動作する高周波電流と第2周波数で動作する高周波電流によって作られる2つのプラズマは、径方向に不均一なプラズマに合成され、このプラズマはウェハーに向かって拡散され、その結果、径方向に均一なプラズマとなる。

【0021】本発明の上記システムにおいて、好ましくは、第3高周波電流源は第2高周波電極に対して第3周波数で動作する高周波電流を供給する。

【0022】本発明の上記システムにおいて、第1周波数はVHFの範囲にあり、これに対して第2周波数はHFの範囲にある。

【0023】本発明の上記システムにおいて、第3周波数は数kHzから30MHzの範囲にある。

【0024】

【発明の実施の形態】以下に、好適な実施形態が添付図面を参照して説明される。実施形態に関する次の説明を通して本発明の詳細が明らかにされる。

【0025】本発明の第1実施形態は図1、2、3を参照して説明される。図1は第1実施形態のプラズマ処理システムの縦断面図を示す。このプラズマ処理システムは反応容器10を有している。この反応容器10はトッププレート11、底壁12、円筒形側壁13から構成される。反応容器10はその内部にウェハーホルダ14を有している。底壁12に設けられたシャフト15はウェハーホルダ14を支持している。シャフト15は好ましくは上下に移動される。ウェハーホルダ14は高周波電極16とこの高周波電極16の上に配置された誘電体プレート(誘電体板)17を含んでいる。トッププレート11は主ガス導入部11Aとガス導入プレート18を有し、ガス導入プレート18にはいくつかのガス導入口19が形成されている。ガスリザーバー20はトッププレート11とガス導入プレート18との間に形成される。円筒形側壁13はその下側においてガス排出部21を備えている。

【0026】円筒形側壁13とトッププレート11は金属で作られており、それらは電気的に接地されている。プロセスガスは、通常主、ガス導入部11Aを通してガスリザーバ20に供給され、それからいくつかのガス導

入口19を通して反応容器10の中に導入される。反応容器10の内部のガスはガス排出部21を通して排気され、当該ガス排出部21は図1において示されていない排気装置に接続されている。ガス排出部21に固定された可変オリフィスは、通常、反応容器10の内部の圧力を制御する。図1において可変オリフィスは図示されていない。加えて、図においてシャフト15を移動させる移動機構は省略されている。

【0027】ウェハーホルダ14において、高周波電極16の側部と底部は誘電体部材22によって覆われている。さらに、誘電体部材22の側部と底部は外壁23によって覆われている。処理されるべきウェハーすなわち基板24は誘電体プレート17の上に搭載されている。

【0028】ウェハー24とガス導入プレート18との間の間隔は所定の間隔になるようにセットされており、しかしながら、これは重要な事項ではない。その間隔は例えば10~100mmの範囲内で変えることができる。ウェハーホルダ14は、通常、シャフト15の上に乗せられて支持され、当該シャフト15は上で説明したように図示されない移動機構によって上下に移動する。しかしながら、ウェハーホルダ15は反応容器10の底板12に固定することもできる。ウェハーホルダ14の外壁23は金属で作られ、電気的に接地されている。

【0029】高周波電極16だけの上面図が図2において示されている。高周波電極16は金属で作られ、例えば、Al(アルミニウム)で作られる。丸いディスク形状を有する高周波電極16の直径は、通常、約ウェハー24の直径と同じであるか、またはウェハーの直径よりも少しばかりより大きいものである。高周波電極16は、通常、ウォータージャケットを含み、あるいは図において示されていない他の冷却装置を含む。ウォータージャケットは、ウェハーを処理する間、ウェハーの温度を冷却し低下させるのに用いられる。さらに、高周波電極16はその上側表面に複数の同心円上の狭い円形の溝25(トレンチ(trench)、またはグルーブ(groove))を有している。これらの溝25の中心は高周波電極16の中心と一致している。溝25の幅は重要なことではなく、それは例えば約1ミリである。溝25の深さも同様にまた重要なことではないが、0~10mmの範囲内にあり得る。2つの隣り合う溝25の間隔は1~5mmの範囲で変え得る。任意の2つの隣り合う溝の間隔は同じにしてもよいし、または同じにしくてもよい。従って高周波電極16の上面での溝25の数は、高周波電極16の直径、溝の幅、2つの隣り合う溝の間隔のごとき物理的な大きさの条件に依存する。

【0030】高周波電極16の上面に形成された複数の溝25の各々は誘電体物質26で満たされている。誘電体物質26の例は石英またはセラミックである。溝25に満たされた誘電体物質26は、高周波電極16における外縁と中心との間で定義されるインダクタンスの制御

に貢献する。高周波電極16の上記インダクタンスは望ましいものに設定され得る。

【0031】一方、誘電体物質26によって高周波電極16の上面における溝25を満たす代わりに、誘電体プレート17の下面上にそれらに類似する他の溝を作ることでもできる。この場合には、同様にまた、下側溝を備えた誘電体プレートは高周波電極の上面に図1に示されるごとく誘電体プレート17と高周波電極16の関係によって作られる同じ構造を作るように固定される。

【0032】誘電体プレート17は、通常、セラミックによって作られる。しかしながら、他の物質を同様に使うことができる。誘電体プレート17は高周波電極16に固定されなければならない、それらの間により良好な物理的接触を持つことが必要である。このことは誘電体プレート17と高周波電極16の間に良好な熱伝導性を持つために重要なことである。それ故に、誘電体プレート17を高周波電極16に固定することにおいて、金属結合(metal bonding)または拡散結合(diffusion bonding)のプロセスを用いることができる。

【0033】2つの異なる高周波の周波数で動作する2つの高周波電流が高周波電極16に適用されるとき、プラズマは容量結合機構に基づいてウェハー24の表面の全面にわたり生成される。生成されたプラズマはウェハー24の全表面にわたって径方向において均一な密度という特徴を有している。プラズマの径方向の均一性は、圧力、各高周波数の高周波電力、誘電体プレート17の厚みと抵抗性のごときいくつかのパラメータに依存する。

【0034】高周波電極16の下面の中心は、整合回路33、34、高周波混合器35、高周波入力ケーブル36、高周波入力導体37を経由して2つの高周波電源31、32に接続されている。これらの高周波電源31、32の1つの周波数はVHFの範囲にあり、これに対して他の高周波電源の周波数はHFの範囲にある。例えば、VHFとして80MHzが選択され、HFとして10MHzが選択される。なお、低い側の周波数は、例えばkHzのようにあまりに低くすべきではないということに注意すべきである。何故ならば、もし高周波の周波数があまりに低くなると、高周波電極16に与えられる高周波電力は主にイオンの加速の過程に貢献し、プラズマ生成工程への貢献が重要でなくなるからである。それ故に、選択される低い側の周波数については、当該低周波数側の高周波電力の1部がプラズマ生成に貢献するように十分に大きくならなければならない。高周波数を選択することによって、例えば100MHzのようなVHF範囲の高い端における周波数を選択することが望ましい。高周波数側の高周波電力のより高い割合部分がプラズマ生成に貢献し、一方、そのより小さい割合部分のみがイオンの加速工程に貢献する。

【0035】誘電体プレート17は、高周波電極16の

上面に配置され、固定される。誘電体プレート17の直径は、通常、高周波電極16の直径に等しい。誘電体プレート16の厚みは数μmから数mmまで変化させることができる。通常、約3mmの厚みの誘電体プレートが用いられる。

【0036】ここで、前述したシステムにおける2つの高周波の周波数によって生成されるプラズマの径方向均一性の制御性を、図3、4A、4B、4Cを参照して説明する。図3は、高周波電極16と誘電体プレート17と高周波入力導体37の拡大された縦断面図を示す。図4A、4B、4Cはプラズマ密度の径方向の分布形態(プロファイル)を示す。図4A、4B、4Cにおいて横軸は高周波電極を横切る距離を意味し、縦軸はプラズマの密度を意味する。図3において、誘電体プレート16によるキャパシタンスはCとされ、高周波電極16の外縁から中心41にいたるインダクタンスはLとされている。そのとき周波数fの与えられた高周波電流について、容量インピーダンス $Z_c$ および誘導インピーダンス $Z_L$ は、次のように書くことができる。

$$Z_c = 1 / i \omega C$$

$$Z_L = i \omega L$$

ここで $\omega = 2\pi f$ である。

【0037】ここで、2つの高周波の周波数 $f_1$ と $f_2$ を考える。ここで $f_1 > f_2$ である。そのとき、次の関係を形式化することができる。

$$Z_{cf1} < Z_{cf2}$$

$$Z_{Lf1} > Z_{Lf2}$$

【0038】 $f_1$ を考慮するとき、高周波電極16の縁から中心までのインダクタンス(誘導)インピーダンスはキャパシタンス(容量)インピーダンスよりも高くなる。従って、周波数 $f_1$ の高周波電流は、高周波電極16の中心41に向かって流れることよりもむしろ高周波電極16の上面に到達するときにおいて、プラズマに容量的に結合し始める。それ故、高周波電流のより小さい割合部分のみが高周波電極16の中心に到達することができる。この理由のため、高周波電極16の上に生成されるプラズマの径方向プロファイルは変化させられ、図4Aは、周波数 $f_1$ を有する高周波電流の場合に生成される径方向プロファイル42の形状を示している。図4Aは、同様にまた、高周波電力( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ )のプラズマ密度プロファイルの変化を示している。

【0039】反対に、周波数 $f_2$ の高周波電流はより高い容量インピーダンスを持ち、誘電体プレート17を通してプラズマに結合され、こうして周波数 $f_2$ の高周波電流の大部分は高周波電極16の中心41に流れる。このことは、高周波電極16の中心41においてより高い高周波電流密度を生じる。それ故に、この $f_2$ 高周波電流によって生成されるプラズマの径方向プロファイル43は図4Bにおいて与えられる形状をとる。再び、適用される高周波電力( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ )に伴うプラズマ密



度の径方向プロファイルの変化は、同様にまた、図4Bにおいて示される。

【0040】2つの高周波の周波数 $f_1$ 、 $f_2$ に関して上記の高周波電力 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ の適当な1つを選択するとき、結合されたプラズマ密度は図4Cに示されるようにウェハー24の表面にわたって径方向に均一なプラズマを形成する。図4Cの例によれば、径方向プロファイル44を有する径方向均一プラズマは径方向プロファイル42a、43aを選択する時に作られる。このことは径方向プロファイル42a、43aの結合はウェハー24の全表面にわたって径方向に均一なプラズマを作るということを意味する。径方向プロファイル42aは上記 $f_2$ と $P_2$ に基づいており、径方向プロファイル43aは上記 $f_1$ と $P_1$ に基づいている。

【0041】通常、プラズマ生成圧力を変化させるとき、プラズマ密度の径方向プロファイルも同様にまた変化させられる。しかしながら、この場合において、高周波電流 $f_1$ と $f_2$ は径方向に均一なプラズマが生成されるまで適当に再び変更され得る。従ってこの技術を用いれば、径方向に均一なプラズマを相当な圧力の範囲にわたって得ることができる。

【0042】高周波電極16における溝25の寸法を決定することにおいて、 $f_1$ 、 $f_2$ の値が考慮されるべきである。さらに誘電体プレート17の物質のタイプと寸法は、同様にまた、選択された高周波の周波数 $f_1$ と $f_2$ を考慮することによって決定される。一方、高周波電極16の表面におけるインダクタンス $L$ 、誘電体プレート17によるキャパシタンス $C$ に依存して、 $f_1$ と $f_2$ を選択してもよいという反対の方法を行うこともできる。これらのパラメータ $L$ 、 $C$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ は、先に説明され、かつ図4A、4B、4Cに示されるごとく、プラズマ密度プロファイルを生じさせるために選択される。圧力が変化されるとき、プラズマ密度の径方向プロファイルは同様に変化させられる。そのとき周波数 $f_1$ と $f_2$ の高周波電力は、求された径方向の均一性が与えられるまで変化させられるべきである。

【0043】第1実施形態の上記システムに従えば、誘電体物質が満たされた溝が高周波電極16の上面に形成されるので、その表面におけるインダクタンスはさらに増加される。インダクタンスを増加する代わりに、同様にキャパシタンスを変えることもできる。例えば、図5に示されるごとく、高周波電極16の変形の1つである高周波電極45を作ることができる。この高周波電極45において、誘電体プレート46の厚みはその中心部に向かって次第に増加される。誘電体プレート46において、周縁でのキャパシタンス $C_1$ と中心に近い領域でのキャパシタンス $C_2$ が定義される。キャパシタンス $C_2$ はキャパシタンス $C_1$ よりも小さい。誘電体プレート46によれば、キャパシタンスは径方向の位置に依存して変化させられる。高周波電極45と誘電体プレート45の

上記構造は、高周波電流の流れの制御性を改善することができ、さらにより望ましくなるようにプラズマ密度プロファイルを改善することができる。

【0044】次に、本発明に係る第2実施形態が図6を参照して説明される。この図は第2実施形態によるプラズマ処理システムの断面図を示している。図6において、第1実施形態で説明された要素と実質的に同一な要素は、それぞれ同じ参照番号が割り当てられている。第2実施形態のプラズマ処理システムは、2つの高周波電極、すなわち上部電極51と下部高周波電極52を有している。下部高周波電極52はウェハーホルダ14の中に組み込まれている。上部高周波電極51はウェハーホルダ14の上方に平行に配置されている。

【0045】第2実施形態のプラズマ源は上記の2つの高周波電極51、52から構成されている。上部高周波電極51の下面は複数の溝53を備えており、複数の溝の各々は誘電体物質54で満たされている。溝53と誘電体物質54の構造とその作用は第1実施形態において説明されたそれらの構造と同じである。上部高周波電極51は誘電体支持部材50によって囲まれ、支持されている。一方、下部高周波電極52は単に丸いディスク形状を有している。誘電体プレート17は下部高周波電極52の上に配置されている。

【0046】溝53の寸法は、同様にまた、第1実施形態において説明されたように選択される。さらに、上部高周波電極51の下面は誘電体プレート55によって覆われている。上部高周波電極51の直径は、通常、ウェハーホルダ14上に配置されたウェハーの直径よりも10～50mmだけ大きい。上部高周波電極51、溝53、誘電体物質54、誘電体プレート55のすべてのその他の特徴は、第1実施形態において説明された高周波電極16に関するそれらと同じである。下部高周波電極52の位置は実質的に高周波電極16が存在する位置と同じである。上部高周波電極51は2つの異なる周波数で動作する2つの異なる高周波電力発生器から高周波電力を供給される。これらの高周波電力発生器の属性は同様にまた第1実施形態で与えられたそれらと類似している。すなわち、上部高周波電極51の上面の中心は整合回路33、34、高周波電流混合器35、高周波入力ケーブル36を経由して高周波電源31、32に接続されている。

【0047】ウェハーホルダ14において、下部高周波電極52の上に配置された誘電体プレート17は本質的なことではない。この場合において、下部高周波電極52の上に直接にウェハー24を置くこともできる。下部高周波電極52は高周波電力を与えられる。下部高周波電極52に与えられた高周波電力は高周波電源（高周波発生器）57から整合回路56と入力導体37を通して供給される。高周波電源57からの高周波電力の周波数は重要なことではなく、例えば数kHzから30MHz

に変化させられる。なお高周波電極52に与えられる高周波電力は、本質的なことではないことに注意すべきである。

【0048】プロセスガスは側壁13に接近して設けられた円形管59上に形成されたいくつかのガス導入孔58を通して反応容器10の中に導入される。円形管59は側壁13の内面の上部に沿って配置され、ガス導入孔58から放出されるガスは上部高周波電極51と処理されるべきウェハー24との間のスペースに与えられる。しかしながら、このガス導入方法は重要なことでは

なく、それ故に反応容器内にガスを導入する異なる方法を用いることができる。

【0049】プラズマは上部高周波電極51に高周波電流を適用することによって生成される。他方、下部高周波電極52に適用された高周波電流は主にウェハー表面に衝突するイオンのエネルギーを制御するために用いられる。

【0050】上部高周波電極51に適用される高周波電流の周波数は前述した $f_1$ と $f_2$ である。 $f_1$ と $f_2$ の範囲は第1実施形態において述べられた通りである。上部高周波電極51、誘電体物質54が満たされた溝53、誘電体プレート55について寸法を決定した後に、周波数 $f_1$ と $f_2$ はウェハー表面における径方向均一な密度のプラズマを与えることができるように選択され、または逆の場合も成立する。

【0051】第1実施形態に比較して第2実施形態における主要な相違点は、反対側の下部高周波電極の上に存在するウェハーの表面上で径方向に均一なプラズマを与えるように、 $f_1$ と $f_2$ の周波数を持つ高周波電流が変化されるということである。それ故に、第2実施形態の場合には、上部高周波電極上における径方向プラズマ密度プロファイルは本質的に均一である必要はない。図7は上部高周波電極51と下部高周波電極52の間の空間において径方向プラズマ密度プロファイルの変化を示している。上部高周波電極51の真下の径方向プラズマ密度プロファイル61は径方向に不均一な密度のプラズマであり、これに対して、下部高周波電極52の真上の径方向プラズマ密度プロファイル62は径方向に均一な密度プラズマである。径方向プラズマ密度プロファイル61は上部電極51から下部電極52へ方向において、次第に、径方向プラズマ密度プロファイル62に変化して行く。

【0052】再び、第1実施形態に説明されるごとく、上部高周波電極51の下面に形成されている、誘電体物質54が満たされた溝53は、この技術を用いることにとって本質的なことではない。その代わりに、誘電体プレート55の厚みまたは誘電体プレート55の物質を変えることもできる。

【0053】次に、図8と図9を参照して第3実施形態が説明される。図8は第3実施形態の反応容器の断面図

を示す。第3実施形態の反応容器において高周波電極の構造は第1実施形態のそれに類似している。第3実施形態において第1実施形態で説明された要素と実質的に同一の要素はそれぞれ同じ参照番号が割り当てられている。第3実施形態による反応容器10に設けられたプラズマ源は、ウェハーホルダ14の内部に設けられた単一の高周波電極71を有している。図8に示された構造に従えば、高周波電極71は溝と誘電体物質を備えていない。処理されるべきウェハー24が搭載された誘電体プレート72は高周波電極71の上に配置されている。高周波電極71は、高周波電源73から、整合回路74と前述の入力ケーブル36と入力導体37を介しておよそ10~100MHzの範囲の周波数で動作する高周波電流が与えられる。その他の構成は第1実施形態のそれらと同じである。それ故に他の構成についての説明は省略される。

【0054】高周波電極71はウェハーホルダ14の組込み部分である。高周波電極71の直径は、通常、ウェハーのほぼ直径であるように選択される。高周波電極71の上面と誘電体プレート72の下面は好ましくは平坦な形状である。

【0055】誘電体プレート72の厚みは次のように決定される。

【0056】上で述べられたように、高周波電極71はおよそ10MHzから100MHzの周波数範囲で動作する高周波電流が与えられる。第1実施形態で説明されたように、この高周波電流は、誘電体プレート72を通して容量的に結合された機構に基づいてプラズマと結合される。高周波電流は、2つのタイプのインピーダンス、すなわち、第1実施形態で述べたような容量インピーダンスと誘導インピーダンスに出会う。もし容量インピーダンスが誘導インピーダンスに比較して高いのであるならば、高周波電流の大部分は高周波電極71の中心に向かって流れる。それ故に、より高い周波数の高周波電流は容量結合を経由して中心領域におけるプラズマに流れる。このことは高周波電極の縁におけるプラズマ密度と比較して中心領域においてより高いプラズマ密度が作られる。

【0057】反対に、容量インピーダンスが誘導インピーダンスに比較して低いのであるならば、高周波電流の大部分は、高周波電極71の中心に流れることよりも、高周波電極71の外縁におけるプラズマと結合する。このことは高周波電極71の外縁においてより高い密度のプラズマをもたらすという結果となる。

【0058】従って、径方向における誘電体プレート72の部分に依存させて適当な誘電体物質を選択することによって、それらの部分のキャパシタンス(C)をウェハー24の表面上の径方向均一プラズマを作るように変化することができる。他方、同様にまた、高周波電極71の上面におけるインダクタンス(L)をウェハー表面

上の径方向均一プラズマを作るように変化することができる。

【0059】さらに、上で述べたごとく、径方向に均一なプラズマを作るためにキャパシタンスおよび/またはインダクタンスを変化させる代わりに、同じ結果を得るために適用される高周波電力の周波数を変えることもできる。この場合には、キャパシタンスとインダクタンスは一定に保持され、他方、周波数はウェハー表面上で径方向に均一なプラズマが結果としてもたらされるまで変化させられる。

【0060】さらに、キャパシタンスまたはインダクタンス、または両方を同時に変化させるために、高周波電極71の上面に関して異なる形態たとえば図9(A)、図9(B)に示されるごとく選択することができる。図9(A)と図9(B)に示されるように、高周波電極(71a, 71b)の上面と誘電体プレート(72a, 72b)の下面は凸状または凹状のピラミッド形状にすることができる。高周波電極71の上面形状に依存して誘電体プレート72の下面は変更され、その結果誘電体プレート72は高周波電極71の上に適宜に固定されることができる。すなわち、図9(A)に示されるごとく、高周波電極71aの上面が凸状のピラミッド形状であるときには、誘電体プレート72Aの下面は凹状のピラミッド形状である。反対に、図9(B)に示されるごとく、高周波電極71Bの上面が凹状のピラミッド形状であるときには誘電体プレート72Bの下面は凸状のピラミッド形状である。

【0061】前述したごとく誘電体プレート72に対して適当な厚みを選択することによって、キャパシタンス(C)はウェハー表面の上で径方向に均一なプラズマを作るように変化させられる。さらにウェハー表面の上で径方向に均一なプラズマを作るように高周波電極の上面におけるインダクタンス(L)を変化させることができる。

【0062】さらに、高周波電極71の上面で図9(C)に示されるごとく溝を持つことも可能である。図9(C)に示された例の構造と作用は第1実施形態において説明されたそれらと同じである。

【0063】特別な実施形態を参照して本発明が説明されたが、本発明の精神と範囲からはなれることなく、当業者にとって様々な変形や変化を生じさせることができるのは明らかである。

【0064】

【発明の効果】本発明によれば、容量結合の機構に基づいて大面積ウェハーのために適当なプラズマを作り出すのに用いられる単一の高周波電極、または上側と下側の高周波電極を有するプラズマ源が径方向に均一な密度のプロファイルを持つプラズマを作ることが可能となるように改善される。大面積の高周波電極の表面あるいはウェハーの表面にわたって改善された径方向プラズマ密

度プロファイルはウェハー処理に要求される望ましい圧力においてプラズマ密度の均一性の制御を容易化する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この図は、第1実施形態のプラズマ源の構成の断面図を示し、そこでは異なる周波数で動作する2つの異なる高周波電流が高周波電極に適用される。

【図2】この図は、高周波電極の上面図を示す。

【図3】この図は、高周波電極と誘電体プレートの拡大された断面図を示す。

10 【図4A】この図は、プラズマが $f_1$ と $f_2$ の周波数で発火される場合における径方向プラズマ密度プロファイルの第1の例を示す。

【図4B】この図は、プラズマが $f_1$ と $f_2$ の周波数で発火される場合における径方向プラズマ密度プロファイルの第2の例を示す。

【図4C】この図は、上記の第1と第2の径方向プラズマ密度プロファイルの例を合成することによって形成される径方向プラズマ密度プロファイルの例を示す。

20 【図5】この図は、高周波電極と誘電体プレートの他の構成を示す。

【図6】この図は、第2実施形態のプラズマ源の構成の断面図を示す。

【図7】この図は、プラズマが拡散されるときにおける径方向プラズマ密度プロファイルの変化を示す。

【図8】この図は、第3実施形態のプラズマ源の構成の断面図を示す。

【図9】この図は、高周波電極と誘電体プレートの3つの異なる形態を示す。

30 【図10】この図は、単一の高周波電流のみが採用される場合の従来のプラズマ処理システムを示す。

【図11】この図は、図1に示された従来のプラズマ処理システムで得られる径方向プラズマ密度プロファイルを示す。

【参照番号の説明】

10 反応容器

11 トッププレート

12 底板

13 円筒形側壁

14 ウェハーホルダ

40 16 高周波電極

17 誘電体プレート

18 ガス導入プレート

19 ガス導入部

20 ガス排出部

24 ウェハー

25 溝

26 誘電体物質

31, 32 高周波電源

50 42  $f_2$ によって生成されるプラズマの径方向プロファイル

(10)

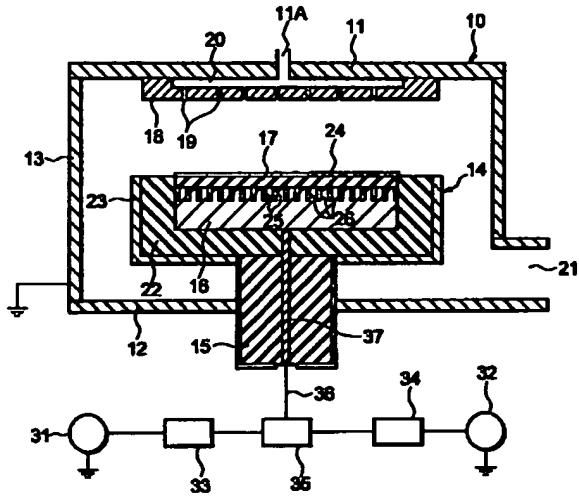
特開2002-246368

17  
43  $f_1$ によって生成されるプラズマの高周波  
プロファイル

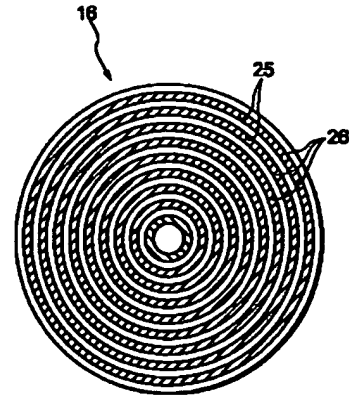
45 高周波電極  
46 誘電体プレート

18

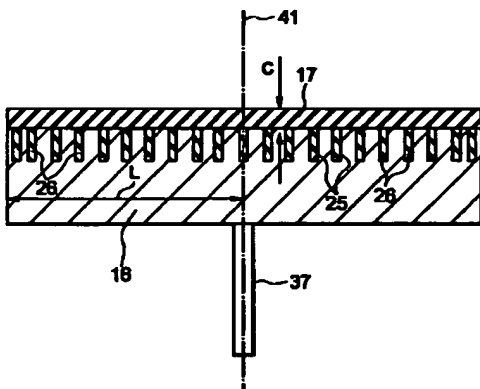
【図1】



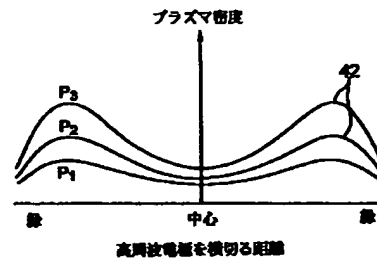
【図2】



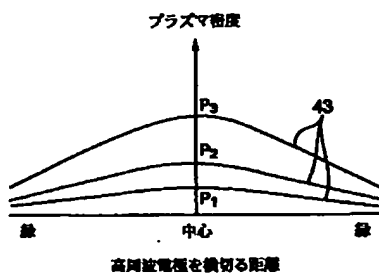
【図3】



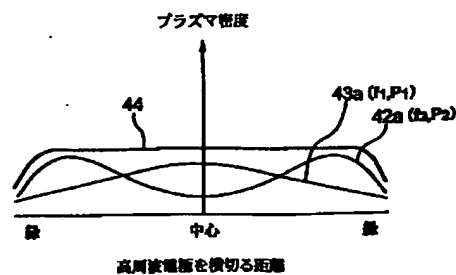
【図4A】



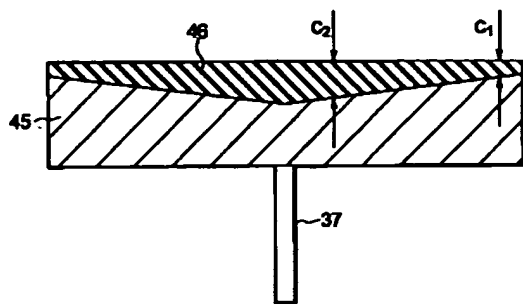
【図4B】



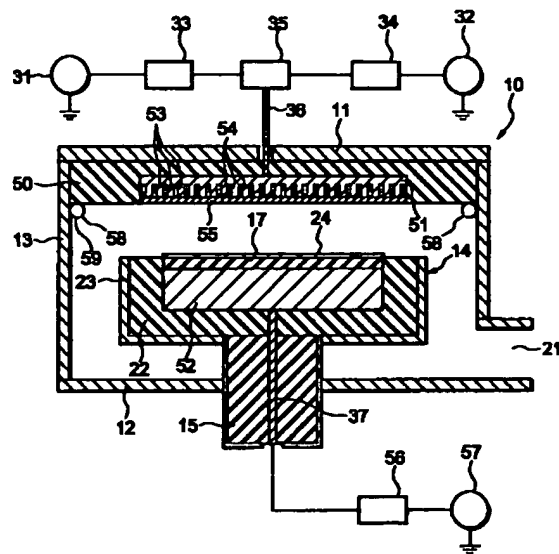
【図4C】



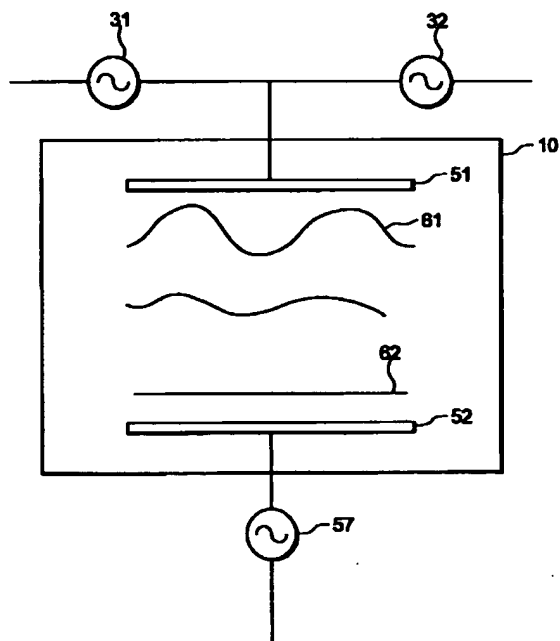
【図5】



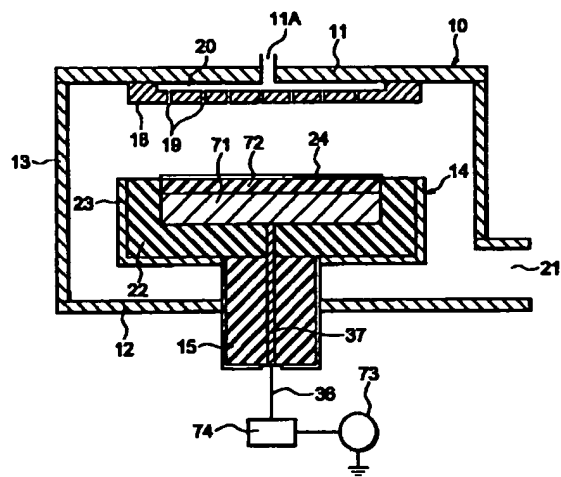
【図6】



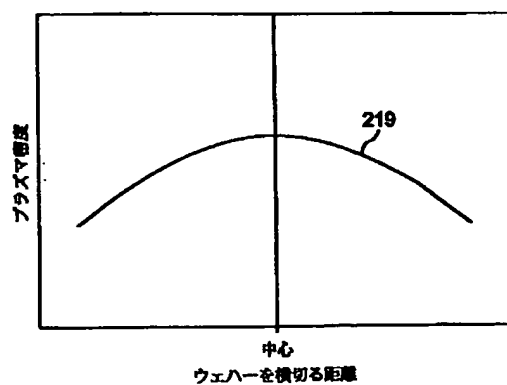
【図7】



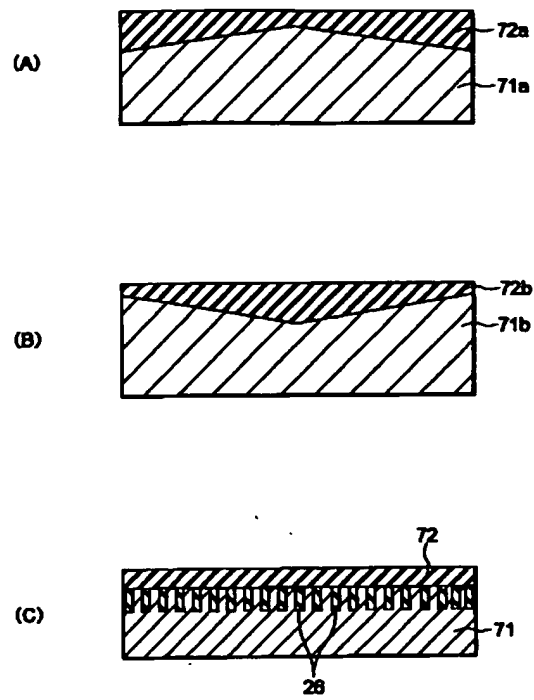
【図8】



【図11】



【図9】



【図10】

